

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-304581

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl.

G01F 1/66

(21)Application number : 11-114492

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.04.1999

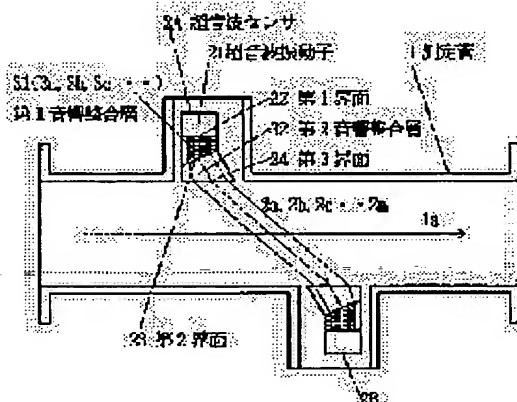
(72)Inventor : TAGUCHI MASAKI

(54) ULTRASONIC FLOWMETER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure the flow rate of fluid without disordering the flow by smoothing the fitting part for an ultrasonic sensor with the internal surface of a measurement tube.

SOLUTION: Ultrasonic sensors 2A and 2B consisting of an ultrasonic vibrator 21, a 1st sound matching layer 31, and a 2nd sound matching layer 32 have their transmission and reception sides arranged opposite vertically at oblique positions of the measurement tube 1, and the 1st sound matching layer 31 has a 1st interface, joined with the ultrasonic vibrator 21, at right angles and a 2nd interface 23, joined with the 2nd sound matching layer 32, at a tilt angle. The material of the 1st sound matching layer 31 is homogeneous in the propagation direction of an ultrasonic wave and has such tilt characteristics that the propagation speed varies in layers or continuously at right angles to the propagation direction; and the length of the 1st sound matching layer 31 in the ultrasonic-wave propagation direction is $1/4$ as long as the wavelength of the propagated ultrasonic wave and the 2nd sound matching layer 32 is so made wide that the ultrasonic wave refracted by the 2nd interface 23 can be radiated to measured fluid 1a from a 3rd interface 24.



Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-304581
(P2000-304581A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000. 11. 2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 F 1/66	1 0 1	G 0 1 F 1/66	A 2 F 0 3 5
			1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

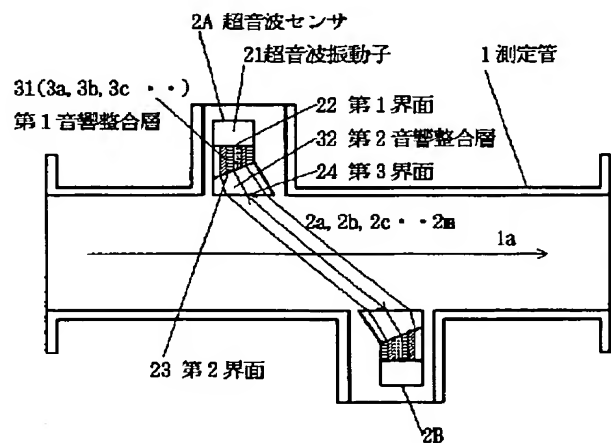
(21) 出願番号	特願平11-114492	(71) 出願人	000005234 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
(22) 出願日	平成11年4月22日 (1999. 4. 22)	(72) 発明者	田口 正樹 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内
		(74) 代理人	100088339 弁理士 篠部 正治 F ターム (参考) 2F035 DA07 DA19

(54) 【発明の名称】 超音波流量計

(57) 【要約】

【課題】 測定管内面に対して超音波センサの取り付け部位を平滑化することにより、流体の流れを乱すことなく流量を測定する超音波流量計を提供する。

【解決手段】 超音波振動子21と第1音響整合層31と第2音響整合層32とからなる超音波センサ2A, 2Bを、測定管路1の斜位置に送信側と受信側とを垂直に対向配備し、第1音響整合層31は超音波振動子21と接合する第1界面22を直角に、第2音響整合層32と接合する第2界面23を傾斜角度とし、第1音響整合層31の材質は、超音波伝搬方向に均質であり伝搬方向と直角方向は層状あるいは連続的に伝搬速度cが変化する傾斜特性を有し、超音波伝搬方向の第1音響整合層31の長さは、伝搬する超音波の1/4波長とし、第2音響整合層32は、第2界面23で屈折した超音波が第3界面24から測定流体1aに放射できる広がりを用意する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】超音波振動子と、この超音波振動子に第 1 界面で接合される第 1 音響整合層と、この第 1 音響整合層と第 2 界面で接合され第 1 界面と平行に形成される第 3 界面から音波を放射する第 2 音響整合層と、からなる超音波センサを、流体が搬送される測定管路に対して送信側と受信側とを斜に対向配置する位置に垂直に配備し、

超音波センサの第 1 音響整合層は、超音波伝搬方向に対して、超音波振動子と接合する第 1 界面を直角に、第 2 音響整合層と接合する第 2 界面を柱状体を斜めに切断した形状をなす傾斜角度とし、この第 1 音響整合層を構成する材質は、超音波伝搬方向に均質であり、この伝搬方向と直角方向は層状あるいは連続的に変化する傾斜特性を有し、この直角方向の各位置に応じて超音波伝搬方向の伝搬速度が変化し、この超音波伝搬方向の第 1 音響整合層の長さは、各位置を伝搬する超音波の $1/4$ 波長とし、

超音波センサの第 2 音響整合層は、第 1 音響整合層と接合される第 2 界面を第 1 音響整合層の第 2 界面の傾斜角度とし、第 3 界面の寸法は、少なくとも、第 2 界面で屈折した超音波が第 3 界面から測定流体に放射する広がり

を有する、

ことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 2】請求項 1 に記載の超音波流量計において、第 1 音響整合層は、超音波伝搬方向の伝搬速度は一定であり、この伝搬方向と直角方向は層状に傾斜配合され、この材料の音速 c と密度 ρ との積値 ρc からなる音響インピーダンスを予め定められた値にし、音速 c の分布を段階状に傾斜配合して構成し、第 2 音響整合層の音響インピーダンスは第 1 音響整合層の音響インピーダンスより

も小さくする、

ことを特徴とする超音波流量計。

【請求項 3】請求項 1 に記載の超音波流量計において、第 1 音響整合層は、超音波伝搬方向の伝搬速度は一定であり、この伝搬方向と直角方向は連続的に傾斜配合され、この材料の音速 c と密度 ρ との積値 ρc からなる音響インピーダンスを予め定められた値にし、音速 c の分布を連続的に傾斜配合して構成し、第 2 音響整合層の音響インピーダンスは第 1 音響整合層の音響インピーダンスより

も小さくする、

ことを特徴とする超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超音波技術を利用した流体流量を測定する超音波流量計に関わり、特に、気体用の超音波流量計に関する。

【0002】

【従来の技術】図 7 において、従来技術による超音波流量計は、超音波振動子 4 とこの超音波振動子 4 に接合さ

れ他方の面から音波を放射する音響整合層 5 とからなる超音波センサ 4A, 4B を、測定流体 1a が搬送される測定管路 1 に対して傾斜して送信側と受信側とを対向して配備して構成される。

【0003】かかる構成において、超音波流量計は、一方の超音波センサ（例えば 4A）の超音波振動子 4 を励振し音響整合層 5 を介して流体 1a との音響インピーダンスの整合を図り、超音波振動子 4 から超音波信号 4a を送信し、他方の超音波センサ（4B）の音響整合層 5 を介して超音波振動子 4 でこの送信された超音波信号 4a を受信する。そして、この超音波信号 4a の送受信を交互に切り換えて、超音波信号 4a が上流側への伝搬時間と下流側への伝搬時間との伝搬時間差 ΔT を測定することにより、測定管路 1 内の流体 1a の流速あるいは流量を測定することができる。

【0004】図 7 の図示例の超音波流量計は、測定管 1 に傾斜して超音波センサ 4A, 4B の送信側および受信側が流体 1a に接して対向して配備されている。この超音波流量計の超音波センサ 4A, 4B の取り付け部では、測定管 1 の内面に対して突出部および測定管 1 の内面よりもへこんだ部分が構成され、測定管 1 の内面はこの超音波センサ 4A, 4B の取り付け部を流れる流体 1a に対して平滑な面を構成していない。このため、超音波センサ 4A, 4B の取り付け部付近に、測定する流体 1a に乱れが生じ、流体 1a の流量を正確に測定することができなかった。

【0005】また、ここでは図示省略されているが、測定管路 1 の外側に傾斜して超音波センサ 4A, 4B の送信側および受信側を対向して配備して、測定管路 1 内の流体 1a の流速を測定することができる。この測定法では、流体 1a が液体のときは、まだ流体 1a の音響インピーダンスが比較的大きいので測定管 1 を介して超音波を流体 1a 中に伝搬させることができるが、流体 1a が気体のときは、流体 1a の音響インピーダンスが小さいので、測定管 1 と流体 1a の気体との界面で反射現象が起こり、超音波を流体 1a 中に伝搬させることが困難となる。

【0006】従って、測定管路 1 の外側に超音波センサを配備する方法は、一般的には流体 1a が液体で構成される場合であり、この場合では、測定管路 1 内の流体 1a の流れに乱れを生じさせない特徴があるが、測定管路 1 内の測定流体 1a を伝搬して傾斜して対向配置される受信側の超音波センサ（4A）, 4B に受信される超音波信号 4a 以外に、測定管路 1 のパイプ自身を直接伝搬して対向して配置される受信側の超音波センサ（4A）, 4B に受信されノイズ成分となる伝搬速度の速い超音波信号（4c）が存在する。通常の流量測定では、この測定管路 1 のパイプ自身を直接伝搬して受信される超音波信号（4c）は、受信時にマスク処理をして除去されるが、測定管路 1 の口径が小さいときは、このマスク処理でノイズ成分の超音波信号（4c）を安定に除去することが困難となる。このため、上述の如く、超音波センサ 4A, 4B を測定流体 1a に直接接触

する方法が行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この様に、従来技術による超音波流量計では、超音波センサが流体に接触する部位での凹凸による流体の流れに乱れが発生し、超音波信号の受信振幅が変動し、伝搬時間差の測定に影響が生じ、流量測定誤差を生じる問題がある。

【0008】本発明は上記の点にかんがみてなされたものであり、その目的は前記した課題を解決して、測定管路内面に対して、超音波センサの取り付け部位を平滑化することにより、測定する流体の流れを乱すことなく流量を測定する超音波流量計を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題は本発明によれば、超音波振動子と、この超音波振動子に第1界面で接合される第1音響整合層と、この第1音響整合層と第2界面で接合され第1界面と平行に形成される第3界面から音波を放射する第2音響整合層と、からなる超音波センサを、流体が搬送される測定管路に対して送信側と受信側とを斜に対向配置する位置に垂直に配備し、超音波センサの第1音響整合層は、超音波伝搬方向に対して、超音波振動子と接合する第1界面を直角に、第2音響整合層と接合する第2界面を柱状体を斜めに切断した形状をなす傾斜角度とし、この第1音響整合層を構成する材質は、超音波伝搬方向に均質であり、この伝搬方向と直角方向は層状あるいは連続的に変化する傾斜特性を有し、この直角方向の各位置に応じて超音波伝搬方向の伝搬速度が変化し、この超音波伝搬方向の第1音響整合層の長さは、各位置を伝搬する超音波の $1/4$ 波長とし、超音波センサの第2音響整合層は、第1音響整合層と接合される第2界面を第1音響整合層の第2界面の傾斜角度とし、第3界面の寸法は、少なくとも、第2界面で屈折した超音波が第3界面から測定流体に放射する広がりを持するものとする。

【0010】かかる構成により、超音波振動子で発生した超音波は、第1界面を介して第1音響整合層に入射し、この第1音響整合層の各位置毎で定まる音波伝搬速度で第2音響整合層との第2界面に伝搬し、かつ、この超音波伝搬方向の長さが伝搬する超音波の $1/4$ 波長になっているので、第2界面がなす傾斜位置で屈折し、この第2界面での反射現象を少なく、超音波を効率よく第2音響整合層を伝搬することができる。また、第2音響整合層からの放射面である第3界面は、管路あるいは管路内面の測定流体と平滑に配備されているので、測定する流体の流れを乱すことなく流量を測定することができる。

【0011】また、第1音響整合層は、超音波伝搬方向の伝搬速度は一定であり、この伝搬方向と直角方向は層状に傾斜配合され、この材料の音速 c と密度 ρ との積値 ρc からなる音響インピーダンスを予め定められた値に

し、音速 c の分布を段階状に傾斜配合して構成し、第2音響整合層の音響インピーダンスは第1音響整合層の音響インピーダンスよりも小さくすることができる。

【0012】また、第1音響整合層は、超音波伝搬方向の伝搬速度は一定であり、この伝搬方向と直角方向は連続的に傾斜配合され、この材料の音速 c と密度 ρ との積値 ρc からなる音響インピーダンスを予め定められた値にし、音速 c の分布を連続的に傾斜配合して構成し、第2音響整合層の音響インピーダンスは第1音響整合層の音響インピーダンスよりも小さくすることができる。

【0013】かかる構成により、第2音響整合層の音響インピーダンスを測定管路あるいは測定管路内面の測定流体と整合を保ちながら、あるいは、特に流体が気体のときは、この測定流体の音響インピーダンスに極力近づけるべく第2音響整合層の音響インピーダンスを小さくし、超音波伝搬方向に対しても音響インピーダンスが傾斜配合させることにより、効率的に測定流体に超音波センサからの超音波を傾斜する角度で伝搬させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例による超音波流量計の要部構成図、図2は一実施例による第1音響整合層および第2音響整合層の説明図、図3は段階状に傾斜配合された第1音響整合層の説明図、図4は連続的に傾斜配合される第1音響整合層の説明図、図5はバルーンの説明図、図6は他の方法による連続的に傾斜配合される第1音響整合層の説明図であり、図7、図8に対応する同一部材には同じ符号が付してある。

【0015】図1において、本発明による超音波流量計は、超音波振動子21と、この超音波振動子21に第1界面22で接合される第1音響整合層31(3a, 3b, 3c, ...)と、この第1音響整合層31と第2界面23で接合され第1界面22と平行に形成される第3界面24から超音波2a, 2b, 2c...2mを放射する第2音響整合層32と、からなる超音波センサ2A, 2Bを、流体1aが搬送される測定管路1に対して送信側と受信側とが斜に対向配置する位置に垂直に配備して構成される。

【0016】この超音波センサ2A, 2Bの第1音響整合層31は、図示例では音響整合層(3a, 3b, 3c...)の積層構造で構成され、超音波(2a, 2b, 2c...)の伝搬方向(図示例では垂直方向)に対して、超音波振動子21と接合する第1界面22を直角に、第2音響整合層32と接合する第2界面23を柱状体を斜めに切断した形状をなす傾斜角度とし、この第1音響整合層31(3a, 3b, 3c, ...)を構成する材質は、超音波伝搬方向に均質であり、この伝搬方向と直角方向は層状あるいは連続的に変化する傾斜特性を備え、この直角方向の各位置($i=a, b, c, \dots$)または(x)以下、直角方向の位置を段階状では i 、連続的では x の添字で表現する)に応じて超音波(2a, 2b, 2c...)の伝搬方向の伝搬速度($c_i=c_a, c_b, c_c, \dots$)または

(cx)が一定の割合で変化し、この超音波(2a,2b,2c・・)の伝搬方向の第1音響整合層31(3a,3b,3c・・)の長さは、各位置(iまたはx)を伝搬する超音波(2a,2b,2c・・)または(cx)の1/4波長に構成される。

【0017】また、超音波センサ2A,2Bの第2音響整合層32は、第1音響整合層31と接合される第2界面23を第1音響整合層31の第2界面23と同じ傾斜角度とし、第3界面24を構成する寸法は、少なくとも、第2界面23で屈折した超音波2a,2b,2c・・2mが第3界面24から測定流体1aに放射できる広がりを用意する様に構成される。

【0018】かかる構成により、超音波振動子21で発生した超音波は、第1界面22を介して第1音響整合層31(3a,3b,3c,・・)に入射し、この第1音響整合層31(3a,3b,3c,・・)の各位置毎で定まる音波伝搬速度(c_a,c_b,c_c,・・)で第2音響整合層32との第2界面23に伝搬し、かつ、この超音波伝搬方向の長さが伝搬する超音波の1/4波長になっているので、第2界面23がなす傾斜角度と、第1音響整合層31と第2音響整合層32との音波伝搬速度に比から定まる角度で屈折する。この第2界面23での反射現象は少なく、超音波を効率よく第2音響整合層32を伝搬することができる。また、第2音響整合層32からの放射面である第3界面24は、管路1あるいは管路1内面の測定流体1aと平滑に配備されているので、測定する流体1aの流れを乱すことなく流量を測定することができる。

【0019】

【実施例】図2、図3により本発明の超音波センサの音速の分布が段階的に傾斜配合される第1音響整合層31の構成を、図4～図6で音速の分布が連続的に傾斜配合される第1音響整合層31の構成例を中心に説明する。

（実施例1）図2の(A)において、第1音響整合層31は、超音波(2a,2b,2c・・)の伝搬方向に構成される材料特性は一定であり、超音波(2a,2b,2c・・)の伝搬方向と垂直方向に構成される材料特性は傾斜配合され、この材料の音速c(c_i,c_x)と密度ρ(ρ_i,ρ_x)との積値ρcで示される音響インピーダンス(ρ_ic_i,ρ_xc_x)を一定にし、音速cの分布を段階的に傾斜配合して構成する。

【0020】この第1音響整合層31は、例えば、図3に図示される様に、音速c(c_i)と密度ρ(ρ_i)が異なり、かつ、積値ρc(ρ_ic_i)が等しい材料(3a,3b,3c・・)を層状に張り合わせる。この張り合わせは、音速cの大小関係に従って(1)式に示される関係に配列される。

【0021】

【数1】

$$c_a < c_b < c_c < \cdots < c_i < \cdots \quad (1)$$

また、第1音響整合層31は、超音波振動子2との接合面側である第1界面22を直角に構成し、材料(3a,3b,3c・・)の各層は、層の長さL_iを(2)式で示される1/4波

長(1/4λ_i)とし、層の厚さを各層の長さL_i(L_a,L_b,L_c・・)とこの層の中心部分とを結ぶ線が直線となる様に選択する。

【0022】

【数2】

$$L_i = (1/4)\lambda_i = c_i / 4f \quad (2)$$

但し、c_iは音速c_a,c_b,c_c,・・、fは超音波の周波数

また、第2音響整合層32は、第1音響整合層31と接合される第2界面23を第1音響整合層31の第2界面23と同じ傾斜角度とし、第1界面22と平行に形成される第3界面24の寸法は、少なくとも、第2界面23で屈折した超音波2a,2b,2c・・2mが第2音響整合層32の側面で反射することなく、第3界面24から測定流体1aに放射できる広がりを用意する様に構成される。

【0023】図2の(A)は、各層の長さL_i(L_a,L_b,L_c・・)を(2)式の寸法より少し長めに製作し、第2界面23を平滑に研磨して構成する、あるいは、上述した第1音響整合層31を長く構成し、これを切断・研磨して複数の第1音響整合層31を構成することができる。また、図2の(B)は、上述の各層の長さL_i(L_a,L_b,L_c・・)を(2)式の寸法で層状に張り合わせることによって構成することができる。

（実施例2）図4に図示される第1音響整合層31は、他の実施例であり、超音波伝搬方向の材料特性は均一であり、超音波伝搬方向と直角方向の材料特性は傾斜配合され、この材料の音速c_xと密度ρ_xとの積値ρ_xc_xからなる音響インピーダンスを予め定められた値に選択し、音速c_xの分布を連続的（あるいは段階状）に傾斜配合して構成するものである。

【0024】かかる構成の第1音響整合層31は次の様に構成することができる。図4の(A)において、硬化していない低粘度の樹脂中に白丸および黒丸で図示された密度ρ₁,ρ₂の異なるプラスチックバルーンあるいはガラスバルーン（以下、バルーンと略称する）を混合し、一定時間放置する。すると、重力の作用によって、密度ρ₁,ρ₂の異なるバルーンの分布は、図4の(B)に図示される様に、上下方向に位置xをとり、低粘度の樹脂中で黒丸で図示される密度ρ₁の濃いバルーンが下方に多く分布し、白丸で図示される密度ρ₂の薄い白丸のバルーンが上方に多く分布し、この黒丸および白丸のバルーンの分布が横方向にはほぼ均等な濃度で分布し、階段状あるいは連続的な密度分布を生じさせることができる。

【0025】この状態の樹脂を硬化させることにより、音速c_xと密度ρ_xの異なる第1音響整合層31を製作することができる。この第1音響整合層31の製作にあたり、バルーンはプラスチック球あるいはガラス球のいずれのバルーンでも密度ρの値が制御できれば使用可能である。

【0026】図5はプラスチックバルーンあるいはガラ

10

20

30

40

50

スバルーンを図示し、それぞれ中空状のプラスチック球あるいは中空状のガラス球から構成することができる。

〔実施例3〕図6の(A)において、硬化していない低粘度の樹脂中に帯電させた白丸および黒丸で図示される密度 ρ_3, ρ_4 の異なるプラスチック球あるいは金属粉末体を混合し、電界あるいは磁界中に挿入する。帯電したプラスチック球あるいは金属粉末体は、電界あるいは磁界の作用を受け、図6の(B)に図示される様に、図示例では横方向に位置 x をとり、電気(あるいは磁気)泳動させ、樹脂中で黒丸で図示される密度 ρ_3 のバルーンが左方に多く分布し、白丸で図示される密度 ρ_4 の白丸のバルーンが右方に多く分布し、この分布が上下方向にほぼ均等な濃度で分布する様にして、階段状あるいは連続的な密度分布を生じさせることができる。この状態で樹脂を硬化させることにより、音速 c_x と密度 ρ_x の異なる第1音響整合層31を製作することができる。

〔0027〕なお、この第1音響整合層31の製作にあたり、プラスチック球あるいは金属粉末体の密度は変えずに、帯電させる電荷量ごとのプラスチック球あるいは金属粉末体の量を増減させることによって第1音響整合層31の傾斜特性を制御することができる。

〔0028〕

〔発明の効果〕以上述べたように本発明による超音波流量計は、超音波センサの取り付け角度によって、音響整合層の超音波放射面と超音波振動子の振動面との角度を制御することができ、超音波流量計の測定管内面に対する超音波センサの取り付け部位を平滑化することができる。測定する流体の流れを乱すことなく流量を測定することができる。

〔図面の簡単な説明〕

* 30

* 〔図1〕本発明の一実施例としての超音波流量計の要部構成図

〔図2〕一実施例による第1音響整合層および第2音響整合層の説明図

〔図3〕段階状に傾斜配合された第1音響整合層の説明図

〔図4〕連続的に傾斜配合される第1音響整合層の説明図

〔図5〕バルーンの説明図

〔図6〕他の方法による連続的に傾斜配合される第1音響整合層の説明図

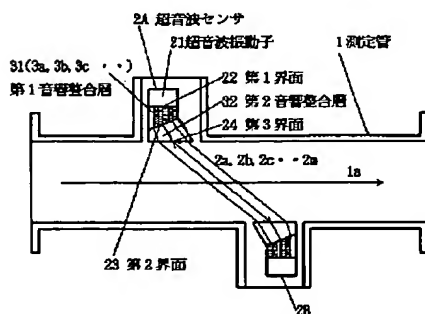
〔図7〕従来技術による超音波流量計の要部構成図

〔図8〕従来技術による音響整合層の説明図

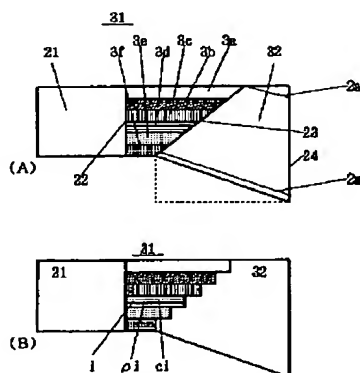
〔符号の説明〕

- 1 測定管
- 1a 測定流体
- 21、4 超音波振動子
- 22 第1界面
- 23 第2界面
- 24 第3界面
- 2A, 2B, 4A, 4B 超音波センサ
- 2a, 2b, 2c, 4a, 4c 超音波信号
- 31, 3a, 3b, 3c, 5 第1音響整合層
- 32 第2音響整合層
- 35 バルーン
- 36 中空
- ρ, ρ_i, ρ_x 密度
- c, c_i, c_x 音速
- i, x 位置

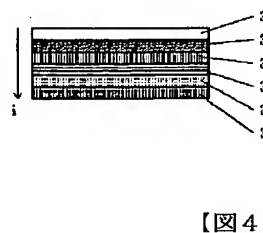
〔図1〕



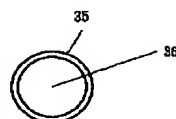
〔図2〕



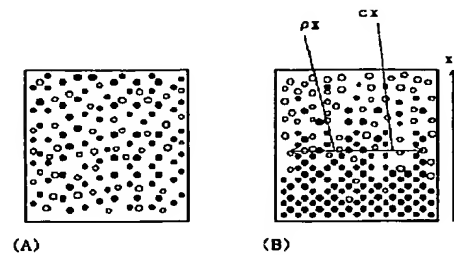
〔図3〕



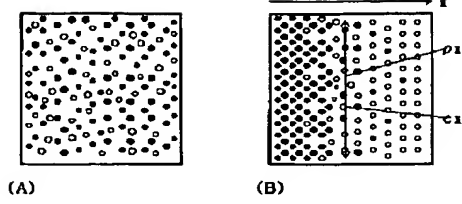
〔図5〕



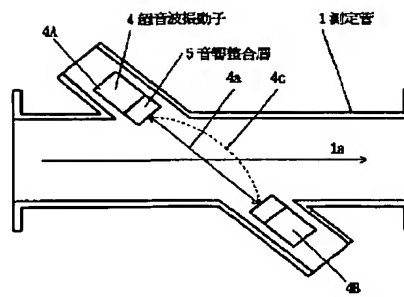
〔図4〕



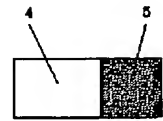
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.